

# **L'évolution récente du Lac Tchad: contexte général et données de base.**

Jacques Lemoalle\*, Jean Claude Bader\*, Marc Leblanc°, Ahmed Sedick°°

\* IRD, UMR G-Eau, Montpellier, France

° James Cook University, Cairns, Australia

°° Commission du Bassin du Lac Tchad, N'Djaména, Tchad

Correspondance : jacques.lemoalle@ird.fr

## **Résumé**

Dans un contexte où de nombreuses discussions, souvent alarmistes, ont lieu au sujet du lac Tchad, un résumé des connaissances actuelles concernant la situation hydrologique du lac (niveau et surface en eau) est présenté. Après une forte sécheresse au cours des années 1980, la cuvette nord du lac a été mieux alimentée, fournissant aux populations concernées de meilleurs moyens de subsistance. La cuvette sud fonctionne de façon relativement stabilisée depuis le début de la sécheresse au début des années 1970.

Ce texte a été présenté en conférence invitée au Forum Mondial pour le Développement Durable "Pour la sauvegarde du Lac Tchad", 31 octobre 2010.

## **Introduction**

Du fait de sa situation dans un bassin endoréique, le niveau du lac Tchad dépend étroitement du climat et des précipitations sur son bassin versant qui appartient pour partie à la zone sahélienne. Il est particulièrement sensible aux variations interannuelles de l'oscillation de la zone de convergence intertropicale. Sa caractéristique principale est donc la variabilité de son niveau et de sa surface: depuis 1950, sa surface a varié entre 1700 et 24 000 km<sup>2</sup>. Les principales données disponibles sont rappelées ici.

Le lac produit une variété de services et de ressources naturelles qui sont hautement attractifs pour les populations de la région, particulièrement durant les années de sécheresse. La pêche, les cultures de décrue, l'élevage et le commerce sont les activités principales.

## **La variabilité du lac Tchad et de ses paysages**

La variabilité du Lac Tchad peut être abordée à différentes échelles de temps. Au cours du Quaternaire récent, des transgressions du lac entrecoupées d'épisodes plus secs se sont produites durant l'Holocène 1) entre 8500 et 6300 BP avec un niveau du lac autour

de  $325 \pm 5$  m asl et une surface de l'ordre de  $340\,000\text{ km}^2$ , et 2) vers 3200 BP (niveau à 287-290 m asl) (Servant & Servant, 1983; Leblanc et al, 2006a and b).

Au cours du dernier millénaire, les données historiques et les analyses sédimentaires indiquent une succession de hauts (jusqu'à 285 m) et bas niveaux du lac avec quatre ou cinq périodes de très bas niveaux entre les années 900 et 1900. Une période très sèche de 25 à 30 années vers la fin du 15<sup>ème</sup> siècle est bien documentée (Maley, 1993). Depuis le début du 19<sup>ème</sup> siècle, les géographes et explorateurs européens ont décrit divers états du lac, depuis un vaste marécage jusqu'à une grande mer intérieure. Une classification en trois états principaux du Lac Tchad a été proposée par Tilho (1909-1910, 1928) qui a en outre montré que les grandes variations du niveau de l'eau et des paysages sont directement dépendantes des variations de la pluie sur le bassin du Chari:

- Le **Grand Lac Tchad** est caractérisé par une grande surface d'eau libre qui s'étend sur  $24\,000\text{ km}^2$  bordée d'un archipel dunaire peu développé et qui déborde à l'est dans le Bahr El Ghazal qui conduit vers la dépression du Bodélé située à 500 km au Nord Est et environ 120 m plus bas que le lac. Ce stade de Grand Tchad n'est apparu que pendant de brefs épisodes durant le dernier siècle, et pour la dernière fois au milieu des années 1950 (Olivry et al., 1996).

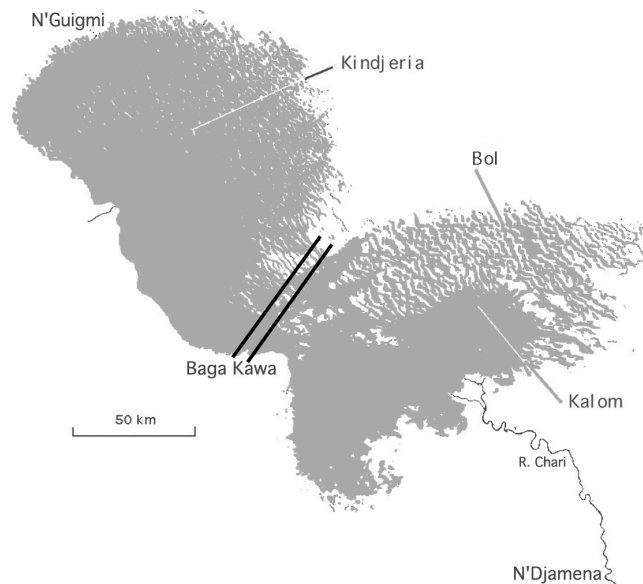


Figure 1. Le lac Tchad à l'état de Tchad Moyen avec la Grande Barrière symbolisée par le double trait entre cuvettes sud et nord (d'après une mosaïque Landsat de janvier 1973).

- En période de **Moyen Tchad**, au sens de Tilho (1928), le lac présente pendant toute l'année un seul plan d'eau qui couvre entre  $15\,000$  et  $19\,000\text{ km}^2$  à une altitude de 280 à 282 m, avec deux grandes cuvettes, sud et nord, séparées par

un étranglement. Un archipel, constitué par un erg fossile, s'enfonce progressivement dans le lac à partir du nord-est. L'archipel est prolongé vers l'intérieur du lac par des îles de végétation, appelées îlots-bancs, correspondant à des hauts fonds dunaires colonisés par des phanérogames aquatiques. Le Tchad Moyen ou Normal est caractérisé par l'étendue des zones d'eau libre, par l'espace navigable entre les îles des archipels, et par une frange limitée de végétation le long des rives (Figure 1).

Dans cet état de Tchad Moyen, le lac est donc formé d'un archipel bien développé et d'étendues d'eau libre couvrant 4000 à 6000 km<sup>2</sup> dans chacun des deux bassins. La variation de surface totale du lac est d'environ 2000 km<sup>2</sup> pour une variation du niveau de l'eau de 1 m autour de 281 m asl, avec des berges plus abruptes dans la cuvette nord. La profondeur de la zone centrale est de 5,3 m dans le bassin nord et de 2,7 m dans le bassin sud. La profondeur moyenne du lac est respectivement de 2,1 et de 3,5 m pour des niveaux de l'eau de 280 et de 282 m asl (Bader et al. 2011). Ce stade de Tchad Moyen est observé quand les apports du Chari, le principal tributaire du lac, sont compris entre 34 et 43 km<sup>3</sup>/an.

Conséquence des variations climatiques, les phases de Tchad Normal sont entrecoupées de phases de bas niveau ; trois phases de Petit Tchad sont intervenues depuis le début du siècle, la première (1904-1917) ayant été décrite en détail par Tilho (1910). La seconde, vers 1940, n'est documentée que par tradition orale. Le dernier passage à un Petit Tchad a eu lieu en 1973 et, depuis cette date, le lac fonctionne suivant un nouveau régime.

- Le **Petit Tchad** est constitué de plusieurs plans d'eau séparés pendant au moins une partie de l'année. Dans la cuvette sud, une surface en eau libre d'environ 1700 km<sup>2</sup> est située devant le delta du Chari avec un niveau de l'eau de 280 à 281 m asl. Elle est entourée de vastes marécages souvent oubliés dans l'estimation de la surface du lac. La cuvette nord est séparée de la cuvette sud par l'exondation plus ou moins permanente de la Grande Barrière. Des marécages permanents ou saisonniers couvrent de 2000 à 14000 km<sup>2</sup> dans la cuvette nord et dans une partie de la cuvette sud et de son archipel (Leblanc et al., 2002; Leblanc et al., 2011). Ce stade de Petit Tchad a lieu quand les apports annuels du Chari sont inférieurs à 34 km<sup>3</sup>/an. Il a été observé de 1904 à 1916, autour de 1940 et depuis 1973. La cuvette nord du lac n'est pas alimentée quand l'apport annuel du Chari est inférieur à 15 km<sup>3</sup>/an.

Entre 1957 et 2008, le Lac Tchad a été dans un état de Petit Tchad 69 % du temps, et dans un état de Tchad Moyen ou Grand Tchad 31 % du temps (Bader et al., 2011).

Tableau 1. Les caractéristiques principales des différents états du Lac Tchad

<b>Lac Tchad</b>	<b>Petit</b>	<b>Moyen</b>	<b>Grand</b>
Apports du Chari (km <sup>3</sup> /y)	10 - 34	40	45
Niveau de l'eau (m asl)	différents niveaux	280 - 282	>282.3
Nombre de plans d'eau	plusieurs	un seul	un seul
Surface totale du lac (km <sup>2</sup> )	2000 - 14000	15000 - 19000	20000 - 25000
Surface inondée de la cuvette nord (km <sup>2</sup> )	0 – 8000	9000	10000
Paysage dominant	marécages	archipel dunaire	eaux libres
Vegetation aquatique	+++	++	+

### Fonctionnement hydrologique du Petit Tchad et données disponibles

Sauf en phase de Grand Tchad, le lac n'a pas d'exutoire. Les apports par les tributaires et la pluie sont compensés par les pertes par évapotranspiration, par infiltration vers les nappes bordières et par les variations saisonnières ou annuelles de niveau et de surface. Comme les apports sont directement dépendants des pluies sur le bassin versant, le lac est très sensible aux variations climatiques. En conditions naturelles, le lac est un amplificateur des variations de la pluie sur son bassin.

La période 1950-1967 qui a été plus humide que la moyenne sur le Sahel africain a été suivie par une période plus aride après 1970, avec des années de sécheresse aigüe en 1972, 1973 et 1984. Sur le bassin du Chari-Logone, principal tributaire du lac, la pluie a diminué d'environ 150 mm/an entre 1950-67 (1095 mm/an) et 1972-2006 (932 mm/an), avec un déplacement des isohyètes moyennes de 150 km vers le sud (Climatic Research Unit, 2003). Une variation de 10% de la pluie se traduisant par une variation de 30 % dans le débit du fleuve, les apports du Chari au lac ont évolué comme indiqué dans la Figure 2, avec des valeurs particulièrement basses dans la décennie 1980.

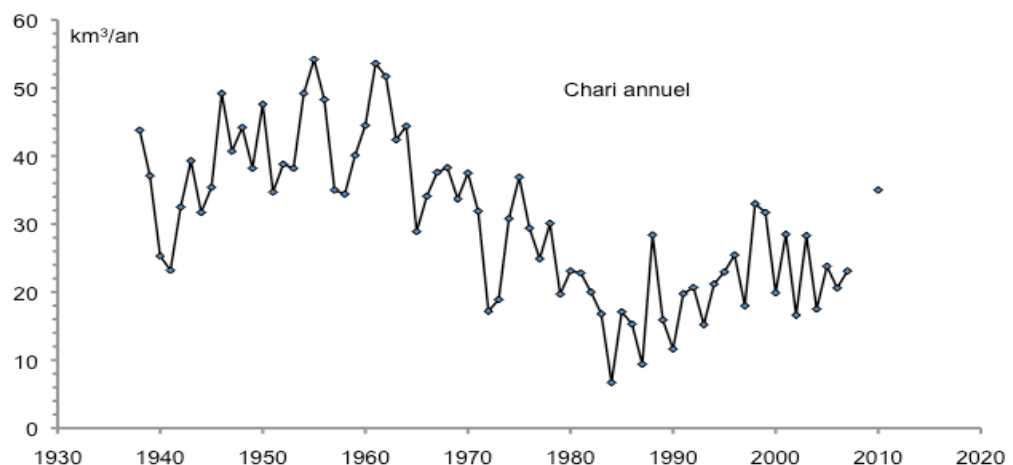


Figure 2. Les apports annuels du Chari au Lac Tchad (données IRD et DREM Tchad).

L'hydrologie du Petit Tchad est contrôlée par la Grande barrière, le seuil qui sépare les cuvettes sud et nord du lac. Son altitude est d'environ 279,3 m, mais elle est couverte d'une végétation dense qui ralentit le passage de l'eau sur une largeur de 40 km entre les deux bassins. Lorsque la crue du Chari arrive dans la cuvette sud, le niveau de cette cuvette augmente. Si le niveau de 279,5 à 280 m est atteint, la cuvette sud déborde vers la cuvette nord à travers la Grande Barrière. L'extension maximale de cette inondation a lieu en mars-avril et son importance dépend de celle de la crue du Chari.

Tandis que le cycle annuel de la cuvette sud en phase de Petit Tchad est relativement reproductible d'une année sur l'autre, le cycle de la cuvette nord est hautement variable puisqu'il dépend de l'excédent d'eau disponible (Figures 3 et 4). Cette cuvette a été sèche toute l'année en 1985, 1987, 1988 et 1991. Elle a été sèche une partie de l'année en 1975, 1977, 1982, 1984, 1990, 1992, 1993 et 1994. Elle a conservé un peu d'eau toute l'année en 1989 et de 1995 à 2004. Les années de sécheresse complète ont un impact particulièrement sévère sur les conditions de vie des populations de la cuvette nord.

Les données disponibles concernent le niveau à Bol et les estimations de surface en eau de la cuvette sud et du lac entier (Leblanc et al., 2011).

L'évolution du niveau à Bol est représentée Figure 3 où les quelques observations manquantes ont été reconstituées à partir de corrélations observées avec d'autres stations hydrométriques. Le passage de l'état de Tchad Normal à celui de Petit Tchad, qui a eu lieu en 1973, est marqué par un changement net de l'amplitude des variations annuelles du niveau de l'eau ainsi que par une stabilisation relative du niveau moyen.

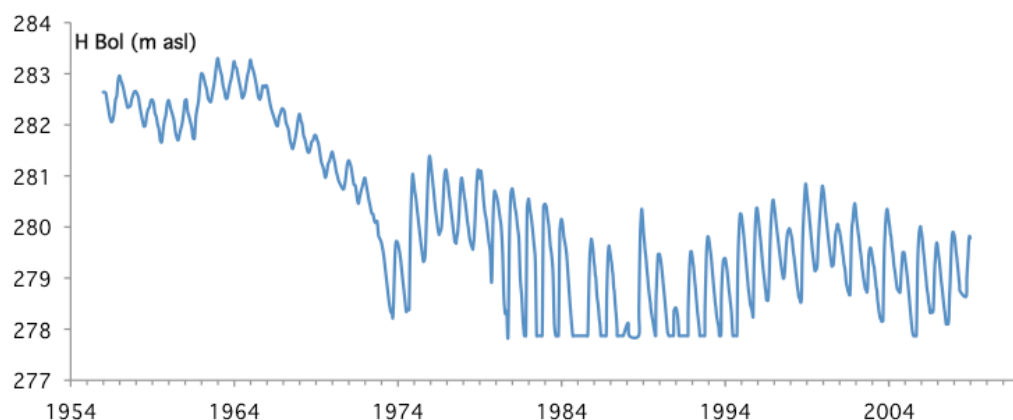


Figure 3. Les variations du niveau dans la cuvette sud telles qu'observées à Bol dans l'archipel (d'après les données IRD et DREM Tchad). L'altitude du zéro de l'échelle est à 277,87m.

Les surfaces en eau pour la période 1986-2001 ont été évaluées par la méthode de l'inertie thermique, qui permet d'identifier les surfaces en eau libre ainsi que celles qui sont couvertes de végétation marécageuse (Leblanc 2002; Leblanc et al., 2011). Alors que la surface en eau libre de la cuvette sud est d'environ 1700 km<sup>2</sup> au cours de la phase actuelle de Petit Tchad, la surface totale en eau de cette cuvette est relativement stable et couvre environ 10 000 km<sup>2</sup>. Comme indiqué plus haut, la surface inondée de la cuvette nord est plus variable et peut atteindre 4000 à 6000 km<sup>2</sup> après des crues du Chari les plus importantes, comme en 1989, 1999 ou 2011.

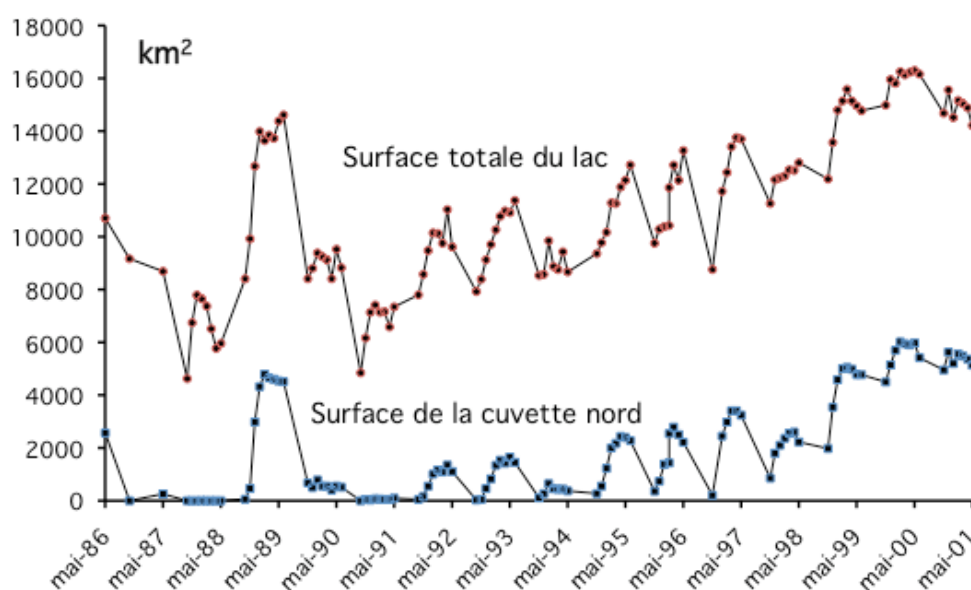


Figure 4. Mesures de la surface inondée de la cuvette nord et du lac entier (1986-2001). Après une phase de forte sécheresse dans les années 1980, la cuvette nord a été mieux alimentée et la surface totale du lac est redevenue plus importante (d'après Leblanc et al., 2011).

## Conclusion et perspectives

Le lac Tchad est entré dans une phase de Petit Tchad en 1973. Les modèles concernant le changement climatique ne permettent pas actuellement de prédire quelle sera l'évolution de la pluviométrie sur le bassin du Chari - Logone, et donc quelle peut être l'évolution future du lac. Il faut cependant souligner qu'une péjoration de la pluviométrie affecterait non seulement le lac, mais aussi l'ensemble des populations sur son bassin qui dépendent du rendement des cultures pluviales.

En phase de Petit Tchad, le système fournit beaucoup de services aux sociétés qui vivent sur les bords de la cuvette sud. Mais l'irrégularité de l'inondation de la cuvette nord y rend les conditions de vie particulièrement difficiles certaines années. Parmi les moyens qui permettent de diminuer la vulnérabilité des populations à la variabilité des ressources en eau, un transfert d'eau depuis le bassin de l'Oubangui a été proposé. Les données disponibles ont permis l'élaboration d'un modèle hydrologique qui permet de simuler l'impact de divers volumes transférés sur l'évolution du lac: un apport supplémentaire de 20 km<sup>3</sup>/an aurait été nécessaire pour maintenir le lac dans son état de Tchad Moyen au cours des cinquante dernières années (Bader et al., 2011).

## References

Bader, J.C., Lemoalle, J. & Leblanc, M., 2011. Modèle hydrologique du Lac Tchad. *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences hydrologiques* 56 (3): 1-15.

Climatic Research Unit, 2003. <http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/datasets/>

Leblanc, M., 2002. The use of remote sensing and GIS for water resources management in large semi-arid basins. Case study of the Lake Chad Basin, Africa. PhD thesis. The University of Glamorgan, UK, et Université de Poitiers, France.

Leblanc, M. J., Leduc, C., Stagnitti, F., van Oevelen, P. J., Jones, C., Mofor, L. A., Razack, M., Favreau, G., 2006 a. Evidence for Megalake Chad, north-central Africa, during the late Quaternary from satellite data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 230 (3-4): 230-242.

Leblanc M., Favreau G., Maley J., Nazoumou Y., Leduc C., Stagnitti F., Van Oevelen P., Delclaux F., Lemoalle J., 2006 b. Reconstruction of Megalake Chad using Shuttle Radar Topographic Mission data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 239 : 16-27.

Leblanc, M., Lemoalle, J., Bader, J.-C., Tweed, S., Mofor, L., 2011. Thermal remote sensing of water under aquatic vegetation: example with 15 years of inundation patterns for the 'Small' Lake Chad. *Journal of Hydrology*. sous presse

Maley, J., 1993. Chronologie calendaire des principales fluctuations du lac Tchad au cours du dernier millénaire. Le rôle des données historiques et de la tradition orale. In Barreteau D. and Von Graffenried C. (eds) Datation et Chronologie dans le Bassin du lac Tchad.. Paris, IRD, pp. 161-163.

Olivry, J.C., Chouret, A., Vuillaume, G., Lemoalle, J., Bricquet, J.P., 1996. Hydrologie du Lac Tchad. ORSTOM, Paris, 259 p.

Servant, M. and Servant, S., 1983. Paleolimnology of an upper quaternary endhoreic lake in the Chad basin, *In Lake Chad*, J-P.Carmouze, J.R. Durand, and C. Lévêque (eds). Monogr. Biol. 53, Junk, pp. 10- 26

Tilho, J., 1909-1910. Documents scientifiques de la mission Tilho (1906-1909). Imprimerie Nationale, Paris, Tome I : 412 p., Tome II 598 p, Tome III 484 p.

Tilho, J., 1928. Variations et disparition possible du lac Tchad. , *Annales de Géographie* 37: 238-260.

**Remerciements** : cette étude a été réalisée avec le concours de la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM) du Tchad et le Service hydrologique de la Commission du Bassin du Lac Tchad